Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 1, Apr. May. 2022, p. 165- 177

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۱ ص ۱۷۷-۱۶۵

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir

Short Paper

Dietary Sohan-Polaki production for diabetic and celiac patients by replacing sucrose with Stevioside-Isomalt and complete replacement of wheat flour with rice-corn flour

Narjes Babaei[1], Mohammad Goli*[2]

Received: 2020.03.03
Accepted: 2020.08.31

How to cite this article:
Babaei, N., Goli, M., (2022). Dietary Sohan-Polaki production for diabetic and celiac patients by replacing sucrose with Stevia-Isomalt and wheat flour with rice-corn. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. *18*(1), 165-177.

Abstract

Introduction: Diabetes recognized as one of the most important health problems and the most common metabolic disease in the world. The prevalence of diabetes is increasing worldwide, including in Iran (Forouhi & Wareham, 2010). Celiac is a disease in which the mucous membrane of the small intestine of a person with wheat gluten intolerance damaged by gluten and causes intestinal inflammation (Hopper et al., 2007). *Stevia rebaudiana bertoni* belongs to the Astrasse family, a perennial natural, calorie-free sweetener that has a sweetening power of 100 to 400 times greater than sucrose (Agarwal et al., 2009). Isomalt, a polyol, used as sugars substitute (sucrose, high fructose corn syrup, glucose syrup, etc.) (Schiweck and Munir, 1992). This study aimed at producing dietary Sohan-Pilaki for diabetic and celiac patients using replacement of sucrose with Stevia-Isomalt and the complete replacement of wheat flour with rice-corn flour. Rice and corn flour used to improve the textural and nutritional properties.

Material and Methods: For production of dietary Sohan-Polaki, the raw materials (white sugar 40.03%, sorbitol liquid 16.01%, vegetable oil 32.03%) transferred to the kettle for melting over a gentle flame followed by adding the rest materials such as rice and corn flour (8.1%), egg yolk (3.2%) and cardamom (0.72%). The final dough then poured into the tray container after splicing and finishing the production operation and after being chilled and formed to the required dimensions by the forming machine. For the preparation of dietary Sohan-Polaki, independent variables were included, replacement of Stevia-Isomalt with surface (0 to 100%), rice to corn flour ratio (0 to 100%) and cooking temperature (160 to 180°C). All other compounds considered constant. Isomalt is a substitute for sugar as a filler. To obtain optimal points, 34 experiments proposed by Design Expert software, central composite design response surface methodology, double in the other points, six central points with alpha 2. Test responses included density (replacement of rapeseed, Naghipour et al., 2013), textural properties, i.e., hardness (TPA, Khazaiy Pool et al., 2015), color changes assessment (Lab, Image J, Aslanzadeh et al., 2014).

Results and Discussion: Isomalt causes increasing the rigidity and led to a decrease in porosity and ultimately a decrease in density (Bagherpoor and Khosroshahi Asl, 2016). The quality of the sweets eaten directly related to their texture characteristics. Among the various textural parameters, hardness considered to be an important characteristic, which refers to the maximum force curve height at the first pressure and represents the maximum force applied during the biting operation (Cheng and Bhat, 2016). The amount of moisture, dry matter, amount and type of protein and fat also have some effect on hardness. In addition, at high levels of replacement wheat with corn flour, hardness increased with increasing Stevia-Isomalt content. Increasing the sucrose concentration due to its effect on the corn starch chains of the amorphous region, causes granulation of the starch and stabilization of the gel, leading to harder gel formation (Sun et al., 2014).

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, and Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
(Corresponding Author Email:mgolifood@yahoo.com)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.V18I1.78691

Discoloration caused by caramelization and non-enzymatic browning reactions due to rising temperatures. As the temperature increases, the oxidation of the fats becomes more intense, which in turn has a significant effect on the color of the dyes studied (Ghandehari Yazdi et al., 2018). Since non-sucrose sweeteners play an important role in lightness changes, they are also associated with caramelization and the Millard reaction (non-enzymatic browning) between reducing sugars and amino acids. Sucrose (non-reducing sugar) at high temperatures converted to glucose and fructose (reducing sugars). Thus, if the amount of sucrose reduced, the color intensification is weaker due to the lower formation of the products from the reaction of Millard (Gonzalez-Mateo et al., 2009).

Overall, according to the type of flour consumed in the Sohan-Polaki formulation, the two final optimal formulas, i.e., optimal formula 1, including sucrose replacement with Stevia-Isomalt 24%, the ratio of rice to corn flour 0.99 and cooking temperature of 166°C (With a density of 1.37 g/cm^3, the hardness of 1.85 N and color changes compared to the control 3.66) and optimal formula 2, including sucrose replacement with Stevia-Isomalt 24%, the ratio of rice to corn flour 0.02, and cooking temperature of 180°C (with a density of 1.23 g / cm3, the hardness of 2.07 N and color changes compared to the control of 10.16) were introduced as the best treatments.

Keywords: Sohan-Polaki, Low-calorie, gluten-free, Textural properties, Optimizing, Response surface methodology

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 1, Apr. May. 2022, p. 165-177

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۱ ص.۱۷۷-۱۶۵

مقاله کوتاه علمی-پژوهشی

تولید سوهان پولکی رژیمی برای بیماران سلیاکی و دیابتی با جایگزینی شکر با استویا-ایزومالت و جایگزینی کامل آرد گندم با آرد برنج- ذرت

نرگس بابایی[1]- محمد گلی[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰

چکیده

مصرف زیاد سوهان به‌دلیل کالری بالا منجر به بروز مشکلاتی نظیر چاقی و دیابت می‌شود. سلیاک یک اختلال خودایمنی بوده که بیمار در معرض عدم تحمل دائمی به گلوتن است و تنها درمان مؤثر، استفاده از رژیم غذایی بدون گلوتن است. هدف از انجام این تحقیق، تولید سوهان رژیمی کم‌کالری (جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت) فاقد گلوتن (جایگزینی کامل آرد گندم با آرد برنج و ذرت) بود. تأثیر جایگزینی شکر با استویا-ایزومالت (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰٪)، نسبت آرد برنج به ذرت (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱) و دمای پخت (۱۶۰، ۱۶۵، ۱۷۰، ۱۷۵، ۱۸۰درجه سانتی‌گراد) بر دانسیته، سختی بافت و تغییرات رنگ نمونه‌های سوهان رژیمی مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل‌سازی و بهینه‌سازی به روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی و ۶ نقطه مرکزی و دو تکرار در سایر نقاط با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت صورت گرفت. نتایج نشان داد افزایش درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت موجب کاهش دانسیته گردید. دانسیته تحت تاثیر فاکتور نسبت آرد برنج به آرد ذرت و دمای پخت قرار نگرفت. در نسبت‌های پایین و بالای آرد برنج به ذرت فرمولاسیون، با افزایش جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت و یا افزایش دمای پخت، سختی به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت. درصد جایگزینی استویا با شکر و نسبت آرد برنج به ذرت اثر معنی‌داری بر تغییرات رنگ نداشت، و با افزایش دمای پخت تغییرات رنگ افزایش یافت. د در مجموع با توجه به نوع آرد مصرفی غالب در فرمولاسیون دو فرمول بهینه نهایی شامل سوهان کم کالری با فرمول شماره یک شامل: ۲۴ درصد جایگزینی شکر با استویا-ایزومالت، ۰/۹۹ نسبت آرد برنج به ذرت و دمای ۱۶۶ درجه سانتی‌گراد (با میزان دانسیته ۱/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، سختی ۱/۸۵ نیوتن و تغییرات رنگ نسبت به شاهد ۳/۶۶) و فرمول شماره دو شامل: ۲۴ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت، ۰/۰۲ نسبت آرد برنج به ذرت و دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد (با میزان دانسیته ۱/۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب، سختی ۲/۰۷ نیوتن و تغییرات رنگ نسبت به شاهد ۱۰/۱۶) به‌عنوان بهترین تیمارها معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: سوهان پولکی، کم‌کالری، بدون گلوتن، خواص بافتی، بهینه‌سازی، روش سطح پاسخ

مقدمه

دیابت از جمله بیماری های متابولیک است و یک اختلال چند عاملی است که با افزایش مزمن قند خون (میزان قند خون ناشتا بین ۱۰۰ تا ۱۲۵ نشانگر دیابت پنهان و ۱۲۶ یا بیشتر بیانگر کامل دیابت) مشخص می‌شود و ناشی از اختلال در ترشح انسولین، یا عملکرد انسولین و یا هر دوی آنها است. دیابت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات سلامتی و شایع‌ترین بیماری متابولیک در جهان شناخته می‌شود. شیوع دیابت در جهان و از جمله در ایران رو به افزایش است (Forouhi &Wareham, 2010). استفاده از قندهای مصنوعی یا قندهای رژیمی (شامل سوکرالوز، ساخارین، آسپارتام، استویا، آسه سولفام پتاسیم و قندهای الکلی) که به آن‌ها جایگزین‌های قند نیز گفته می‌شود می‌تواند کربوهیدرات دریافتی را کاهش داده و به کاهش قند خون و کاهش وزن کمک کند.

استویا، با نام علمی *Stevia rebaudiana Bertoni* متعلق به خانواده آستراسه، یک گیاه چندساله و شیرین‌کننده طبیعی و بدون کالری است که قدرت شیرین‌کنندگی آن ۱۰۰ تا ۴۰۰ برابر بیش‌تر از شکر است. برگ‌های این گیاه حاوی مقدار زیادی ترکیبات شیرین گلیکوزیدی است که بدون کالری هستند. تاثیر استویا بر روی قند خون بسیار ناچیز است. از استویا می توان روزانه حداکثر ۴ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن استفاده کرد (Agarwal *et al.*, 2009). ایزومالت تنها جایگزین قند است که به‌طور انحصاری از ساکارز ساخته شده است. فرآیند تولید آن حاصل دو مرحله شامل

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی و مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
(* ایمیل نویسنده مسئول: mgolifood@yahoo.com)

DOI: 10.22067/IFSTRJ.V18I1.78691

تبدیل آنزیمی (تبدیل ساکارز به ایزومالتوز) و به دنبال آن هیدروژناسیون (تبدیل ایزومالتوز به ایزومالت) است. ایزومالت، یک پلی‌ال است که از قند ساخته شده است و به‌عنوان جایگزینی برای قندها (ساکارز، شربت ذرت با فروکتوز بالا، شربت گلوکز و غیره) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Schiweck and Munir, 1992).

سلیاک بیماری است که در آن غشاء مخاطی روده کوچک فرد مبتلا به عدم تحمل گلوتن، توسط گلوتن (گندم، جو و چاودار و محصولات فرموله شده با این غلات) آسیب دیده و سبب التهاب روده می‌گردد. زمانیکه بیماران مبتلا به سلیاک غذاهای حاوی گلوتن مصرف می‌کنند سیستم ایمنی بدن آن‌ها پاسخی را به صورت تخریب بافت روده کوچک منعکس می‌کند. این تخریب به‌خصوص در پرزهای انگشتانه‌ای روده که نقش جذب مواد مغذی را دارند، بروز می‌نماید. در پی آسیب دیدن پرزهای روده، جذب مواد مغذی غذاها با مشکل مواجه می‌شود. سلیاک در بزرگسالان باعث کاهش وزن، اسهال، ضعف، تحریک‌پذیری و درد شکمی، کم‌خونی، خستگی، نفخ و پوکی استخوان و در کودکان، نشانه‌های سوء تغذیه از جمله اختلال رشد، می‌تواند رخ دهد. لذا این بیماران باید به شدت از مصرف مواد غذایی حاوی آرد گندم، جو و چاودار پرهیز نمایند و به‌جای آن از ترکیباتی مانند آرد کامل ذرت و برنج استفاده نمایند (Hopper *et al.*, 2007).

نشاسته آرد ذرت (۲۵ درصد آمیلوز و ۷۵ درصد آمیلوپکتین) و نشاسته آرد برنج (۲۰ درصد آمیلوز و ۸۰ درصد آمیلوپکتین) به‌عنوان عامل قوام‌دهنده، ایجادکننده ژل، حجیم‌کننده و نگهدارنده آب در مواد غذایی که به ویسکوزیته و بافت خاصی نیاز دارند، مورد استفاده قرار گیرد. نشاسته دارای فواید فیزیولوژیکی مشابه فیبرهای رژیمی محلول بوده و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را افزایش داده و می‌تواند سلامت کولون را بهبود بخشیده و می‌تواند به‌عنوان بستری برای رشد میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک عمل کند. موادغذایی حاوی نشاسته دارای شاخص گلایسمی پایینی بوده و در کاهش سطح گلیسرید و کلسترول پلاسما و افزایش جذب مواد معدنی در اولئوم نیز تاثیرگذار می‌باشند (Brown, 1996; Ferguson et Lopez *et al.*, 2001; al., 2000).

اجزای اصلی سوهان شامل آرد گندم، شکر، مالت، روغن (روغن نباتی، کره، و روغن) و آب است و مشتقات افزودنی آن ممکن است پسته، زعفران، بادام، هل و دارچین باشد (Mashak *et al.*, 2014). تاکنون تاثیر جایگزینی هل با دارچین، جایگزینی کره گیاهی با کره حیوانی و دمای پخت بر خواص فیزیکوشیمیایی سوهان پولکی (Akhondi and Goli, 2020) و تأثیر جایگزینی شربت ذرت با فروکتوز بالا به جای ساکارز بر خصوصیات سوهان (Shamsaei and Nouri, 2017) مورد بررسی قرار گرفته شده است.

غنی‌سازی محصولات غذایی ابزار مهمی جهت جلوگیری از کمبودهای تغذیه‌ای خاص می باشد و از بیماری‌های مزمن جلوگیری می‌نماید. همچنین شناسایی و تولید فاکتورهای غنی‌کننده می‌تواند سبب تولید محصولات با کیفیت بالا شود (Bialek *et al.*, 2015). در این پژوهش قصد داریم با استفاده از جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت و جایگزینی کامل آرد گندم با آرد برنج و ذرت، سوهان پولکی با قند پایین برای افراد دیابتی و بدون گلوتن برای بیماران سلیاکی تولید کنیم. آرد برنج و ذرت نیز به‌منظور بهبود ویژگی‌های بافتی و تغذیه‌ای استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون سوهان پولکی شامل شکر سفید ۴۰/۰۳ درصد، سوربیتول مایع ۱۶/۰۱ درصد، کره گیاهی ۳۲/۰۳ درصد، مجموع آرد برنج و ذرت ۸/۰۱ درصد، زرده تخم‌مرغ ۳/۲ درصد و هل ۰/۷۲ درصد بود که از شرکت سلامت گستران آرایان فراهم گردید. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش، با خلوص بالا از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

روش تهیه سوهان پولکی

آماده‌سازی سوهان پولکی به کمک شرکت دانش بنیان سلامت گستران آرایان طراحی و انجام گردید. به‌منظور تهیه سوهان پولکی ابتدا مواد اولیه به پاتیل جهت ذوب شدن منتقل شد و با شعله ملایم حرارت داده شد و سپس افزودنی‌هایی مانند مجموع آرد برنج و ذرت، زرده تخم‌مرغ و هل اضافه گردید. خمیر نهایی پس از نخ‌گیری و تعیین اتمام عملیات تولید، به درون ظرف سینی ریخته شد و پس از سرد شدن چانه‌گیری شده و به ابعاد لازم توسط دستگاه فرم‌دهنده برش خورد. برای تهیه سوهان پولکی رژیمی، متغیرهای مستقل شامل جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت در سطوح (صفر تا ۱۰۰درصد)، نسبت آرد برنج به ذرت در سطوح (صفر تا ۱۰۰ درصد) و دمای پخت محصول در سطوح (۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) انتخاب شدند (جدول ۱)، و بقیه ترکیبات ثابت در نظر گرفته شد. از ایزومالت به‌عنوان ماده پرکننده و جایگزین شکر حذف شده برای تامین خصوصیاتی مانند ایجاد قوام، شیشه‌ای بودن و سایر خصوصیات ساختاری سوهان پولکی استفاده شد.

آزمون‌های فیزیکی و رنگی

ویژگی‌های بافتی (آنالیز پروفایل بافت) شامل سفتی و سختی به روش Khazaiy Pool و همکاران (۲۰۱۵) و دانسیته نمونه‌های سوهان با کمک روش جابه‌جایی دانه‌های کلزا مطابق با روش Naghipour و همکاران (۲۰۱۳) تعیین شد. پارامترهای رنگی شامل a^*، b^* و L^* در برنامه Image j بدست آمد و در نهایت برای استاندارد کردن پارامترهای مربوط از کارت‌های استاندارد استفاده گردید. شاخص های رنگی بیانگر L^* میزان روشنایی و دامنه آن از صفر تا

۱۰۰ متغیر، a^* بیانگر قرمزی- سبزی (+:قرمزی و -:سبزی) و b^* بیانگر شاخص زرد-آبی (+: زرد و -: آبی) با دامنه ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر بود (Aslanzadeh *et al*., 2014).

جدول ۱- متغیرهای مستقل فرآیند و سطوح اندازه‌گیری آنها

Table 1– Independent process variables and their measurement levels

Independent parameters پارامترهای مستقل	Factor فاکتور	Cods and dependent levels کد و سطح مربوطه				
		+α	+1	0	-1	α–
(٪) Sucrose replacement with Stevioside-Isomalt⁎ جایگزینی استویا- ایزومالت با شکر(٪)	A	100	75	50	25	0
Rice to corn flour ratio نسبت آرد برنج به ذرت	B	1	0.75	0.50	0.25	0
(Product cooking temperature (degrees Celsius دمای پخت محصول (درجه سلیسیوس)	C	180	175	170	165	160

⁎ با توجه به شیرینی سیصد برابری استویوزید نسبت به شکر، تفاوت وزن استویوزید مصرفی و شکر حذف شده در تمامی تیمارها از ایزومالت به‌عنوان فیلر یا پرکن برای تامین خصوصیاتی مانند ایجاد قوام، شیشه‌ای بودن و سایر خصوصیات ساختاری سوهان استفاده شد.

* Due to the three hundred times sweetness of stevioside compared to sucrose, the difference between the weight of consumed stevioside and sucrose removed in all treatments, Isomalt was used as a filler to provide properties such as consistency, glassiness and other structural properties of the dietary Sohan-Polaki.

جدول ۲- تیمارهای پیشنهادی توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت با استفاده از روش سطح پاسخ

Table 2- Recommended treatments by Design Expert software using the response surface methodology

Row	A (%)	B (–)	C (degrees Celsius)	Row	A (%)	B (–)	C (degrees Celsius)
1	25	0.25	175	**18**	75	0.25	175
2	50	0.50	180	**19**	100	0.50	170
3	100	0.50	170	**20**	75	0.75	175
4	50	0.50	170	**21**	50	1	170
5	25	0.75	165	**22**	25	0.75	165
6	50	1	170	**23**	75	0.25	165
7	50	0.50	160	**24**	50	0.50	170
8	75	0.25	175	**25**	0	0.50	170
9	50	0	170	**26**	50	0.50	160
10	25	0.25	165	**27**	25	0.25	175
11	25	0.75	175	**28**	50	0.50	180
12	50	0.50	170	**29**	50	0	170
13	0	0.50	170	**30**	75	0.75	165
14	75	0.25	165	**31**	75	0.75	175
15	25	0.25	165	**32**	25	0.75	175
16	50	0.50	170	**33**	50	0.50	170
17	75	0.75	165	**34**	50	0.50	170

⁎ با توجه به شیرینی سیصد برابری استویوزید نسبت به شکر، تفاوت وزن استویوزید مصرفی و شکر حذف شده در تمامی تیمارها از ایزومالت به عنوان فیلر یا پرکن برای تامین خصوصیاتی مانند ایجاد قوام، شیشه ای بودن و سایر خصوصیات ساختاری سوهان استفاده شد. درصد جایگزینی شکر با استویوزید-ایزومالت (A)، نسبت آرد برنج به ذرت (B) و دمای پخت(C)

⁎Due to the three hundred times sweetness of stevioside compared to sucrose, the difference between the weight of consumed stevioside and sucrose removed in all treatments, Isomalt was used as a filler to provide properties such as consistency, glassiness and other structural properties of the dietary Sohan-Polaki. A(Sucrose replacement with Stevioside-Isomalt), B(Rice to corn flour ratio), and C(Cooking temperature).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر متغیرهای مستقل شامل درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت (A)، نسبت آرد برنج به آرد ذرت (B) و دمای پخت (C) بر متغیرهای وابسته از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۹ و روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی با شش نقطه مرکزی و دو تکرار در سایر نقاط و آلفای ۲ پیشنهاد گردید

(جدول ۲). پاسخ‌های آزمون شامل: شاخص‌های بافتی، رنگ و دانسیته بود. کلیه بررسی‌های آماری و معنی‌داری و یا غیرمعنی‌داری داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. اطلاعات به‌دست آمده در این بخش کمک می‌کند تا تأثیر میزان ماده اولیه را بر ویژگی‌های سوهان پولکی رژیمی تولید شده مورد بررسی قرار داده تا بهترین شرایط جهت تولید سوهان رژیمی به‌دست آید. جست و جوی شرایط عملیاتی بهینه برای دستیابی به پاسخ‌های مطلوب مورد نظر با استفاده از تکنیک بهینه‌یابی عددی انجام شد. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف شد (شامل مدل درجه دو برای پاسخ دانسیته و مدل درجه سه برای پاسخ‌های سختی و تغییرات رنگ) که آثار اصلی و متقابل متغیرهای مستقل (معنی‌دار بودن در سطح معنی‌داری بیشتر از ۹۵ درصد به روش رگرسیون مرحله به مرحله) را بر روی هر متغیر وابسته بیان می‌کند، مدل چندمتغیره به‌صورت زیر می‌باشد.

$$Y=\beta_0+\beta_a A+\beta_b B+\beta_c C+\beta_{aa}A^2+\beta_{bb}B^2+\beta_{cc}C^2+\beta_{ab}AB+\beta_{ac}AC+\beta_{bc}BC \quad (۱)$$

پس از آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار، مدلی پیشنهاد شد که دارای انحراف استاندارد و مجموع مربعات باقی مانده برآورد شده کم و ضریب همبستگی بالا باشد.

نتایج و بحث

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر دانسیته سوهان پولکی رژیمی

آنالیز واریانس اثرات متغیرهای فرایند در مورد مدل رگرسیونی و دانسیته نشان داد که اثرات خطی در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد، درجه دوم درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۳- جداول تجزیه واریانس و معادلات رگرسیون بین خواص بافتی-رنگی و فاکتورهای کد شده

Table 3- Tables of analysis of variance and regression equations between texture-color properties and coded factors

Density (g/cm³)			Hardness (N)			ΔE		
Source	**Mean Square**	**p-value**	**Source**	**Mean Square**	**p-value**	**Source**	**Mean Square**	**p-value**
Model	0.86	< 0.0001	Model	0.91	< 0.0001	Model	107.64	< 0.0001
ABC	0.86	< 0.0001	A	1.32	< 0.0001	C	37.99	0.0234
			A^2	0.52	0.003	AB	29.79	0.0423
						AC	163.62	< 0.0001
						C^2	59.41	0.0059
						AB^2	247.37	< 0.0001
Residual	0.03		Residual	0.049		Residual	6.45	
Lack of Fit	0.017	0.9192	Lack of Fit	0.045	0.5808	Lack of Fit	8.6	0.217
Pure Error	0.041		Pure Error	0.051		Pure Error	5.5	

The final equation is based on coded factors	R^2
$Density(g/cm^3)= 1.19- 7.75E^{-3} (A)+ 1.63E^{-4}(A^2)$	0.87
$Hardness(N)= 1.65+ 0.28(ABC)$	0.76
$\Delta E= 5.32+ 1.54 (C)- 1.36(AB)+ 3.2 (AC)+ 2.88(C^2)+ 3.93(AB^2)$	0.78

درصد جایگزینی شکر با استویوزید-ایزومالت(A) ، نسبت آرد برنج به ذرت (B) و دمای پخت(C)

A(Sucrose replacement with Stevioside-Isomalt), B(Rice to corn flour ratio), and C(Cooking temperature).

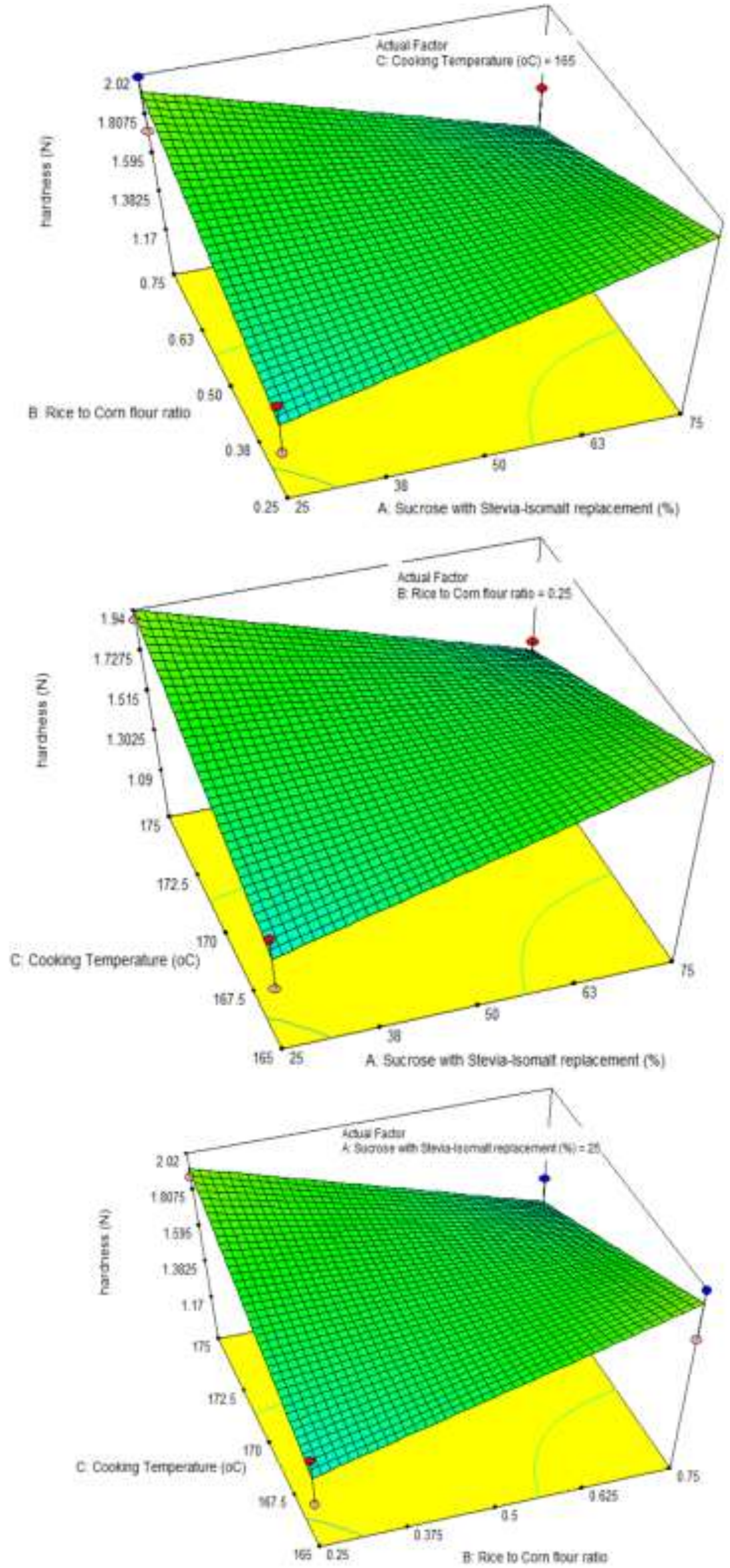
. بررسی مقادیر ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده و عدم برازش مدل نشان‌دهنده این است که این مقادیر برای رابطه درجه دو به میزان به‌ترتیب شامل ۰/۸۷، ۰/۸۴ و ۰/۵۸ بود که نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقادیر بالاتری است و بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا می‌باشد و برای پیشگویی پیشنهاد می‌گردد. متغیرهای تأثیرگذار بر دانسیته طبق جدول ۳، اثر خطی و درجه دوم جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت گزارش شد. یافته‌های به‌دست آمده از تحقق حاضر در رابطه با دانسیته سوهان‌های پولکی نشان داد با افزایش

جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت دانسیته افزایش یافت و دانسیته تحت تاثیر فاکتور نسبت آرد برنج به آرد ذرت و دمای پخت قرار نگرفت. در تحقیقی که بر جایگزینی شیرین‌کننده مصنوعی با ساکارز در فرمولاسیون کیک میوه‌ای صورت گرفت، نتایج مؤید این بود که نمونه‌هایی با افزایش میزان شیرین‌کننده مصنوعی از کمترین دانسیته برخوردار بود که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت نداشت، در واقع قند ایزومالت به دلیل افزایش سفتی منجر به کاهش تخلخل و در نهایت افزایش دانسیته گردید (Bagherpoor and Khosroshahi Asl, 2016).

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر سختی بافت سوهان پولکی رژیمی

آنالیز واریانس اثرات متغیرهای فرایند در مورد مدل رگرسیونی و سختی بافت نشان داد که اثرات متقابل متغیرهای مستقل در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد معنی‌دار شدند. بررسی مقادیر ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده و عدم برازش مدل نشان‌دهنده این است که این مقادیر برای رابطه درجه سه به میزان به‌ترتیب شامل ۰/۷۷، ۰/۷۵ و ۰/۹۲ بود که نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقادیر بالاتری بود و بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا بود و برای پیشگویی پیشنهاد می‌گردد. متغیرهای تأثیرگذار بر سختی بافت طبق جدول ۳، اثر متقابل هر سه متغیر مستقل (درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، نسبت آرد برنج به ذرت و دمای پخت) گزارش شد. نتایج شکل ۱ نشان داد که در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، در سطح ۷۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت سختی بافت با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت کاهش یافت. در سطح ۲۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت افزایش نسبت آرد برنج به ذرت سختی بافت افزایش پیدا کرد. در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، در سطح ۲۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت سختی بافت با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت روند کاهشی را نشان داد. در سطح ۷۵ درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت سختی بافت افزایش یافت. مطابق با آنچه در شکل۱ مشخص است در سطح ۰/۲۵ درصد نسبت آرد برنج به ذرت، در سطح ۲۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت افزایش سختی بافت با افزایش دمای پخت مشاهده شد. در سطح ۷۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت سختی بافت با افزایش دمای پخت کاهش یافت. در سطح ۰/۷۵ درصد نسبت آرد برنج به ذرت، در سطح ۲۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت سختی بافت با افزایش دمای پخت روند کاهشی داشت. در سطح ۷۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت با افزایش دمای پخت سختی بافت افزایش یافت. همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود در سطح ۲۵ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت، در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد افزایش سختی بافت با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت مشهود است. در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت سختی بافت کاهش یافت. در سطح ۷۵ درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد سختی بافت با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت کاهش پیدا کرد. در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد افزایش سختی بافت با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت مشاهده می‌شود. مطابق با تحقیقات Cheng و Bhat (۲۰۱۶) کیفیت خوردن شیرینی‌ها به‌طور مستقیم با ویژگی‌های بافتی آنها مرتبط می‌باشد و در میان پارامترهای مختلف بافت، سختی به‌عنوان یک ویژگی مهم در نظر گرفته می‌شود که به حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار اتلاق می‌شود و نشان‌دهنده حداکثر نیروی اعمال شده در طی عمل گاز زدن می‌باشد. آنها همچنین گزارش کردند که میزان رطوبت، ماده خشک، میزان و نوع پروتئین و چربی شیرینی نیز تا حدودی بر سختی بافت موثر می‌باشد و سختی بافت تیمارها با افزایش سطوح جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت، کاهش یافت و با افزایش سطوح جایگزینی نشاسته ذرت با نشاسته گندم و افزودن اسپیرولینا به فرمولاسیون نهایی، سختی بافت نمونه ها افزایش یافت. همچنین در سطوح بالای جایگزینی نشاسته ذرت با نشاسته گندم با افزایش میزان جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت، سختی بافت افزایش یافت. افزایش غلظت قند به‌دلیل تاثیر بر زنجیره‌های نشاسته ذرت منطقه آمورف، سبب گرانوله شدن نشاسته و تثبیت ژل می‌شود و این‌گونه منجر به ایجاد ژل سخت‌تر می‌گردد (Sun *et al.*, 2014). نتایج به‌دست آمده با نتایج محققین قبلی مطابقت دارد (Wang *et al*., Li *et al*., 2014 ; 2015). آن‌ها گزارش کردند که ژل‌های حاصل از نشاسته ذرت به‌دلیل افزایش قدرت تورم دانه‌های نشاسته ذرت که سبب تغلیظ محلول آمیلوز در فاز پیوسته ذرت می‌گردد، دارای سختی بالایی می‌باشند. علاوه بر این، افزودن آرد برنج و ذرت نیز سبب افزایش سختی گردید که احتمالا به‌دلیل غلظت بالای پروتئین موجود در ترکیب برنج و ذرت بوده است. پروتئین در هنگام اکستروژن با نشاسته برای جذب آب رقابت می‌کند، که باعث کاهش ژلاتینه شدن و در نتیجه انبساط کمتر و سختی بالاتر می‌شود (Sumargo *et al.*, 2016). این نتایج همچنین با نتایج به‌دست آمده توسط Lazou & Krokida (2010) ، Sumargo et al., (2016) و Onwulata et al.,(2001) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که به‌دلیل افزایش غلظت پروتئین در فرمولاسیون، سختی افزایش می‌یابد. جایگزینی ایزومالت در فرمولاسیون محصولات به علت افزایش ماده جامد محصول، ایجاد ساختاری فشرده در اثر افزایش ایزومالت و کاهش رطوبت، سبب افزایش سختی می‌گردد. Sadafi و همکاران (۲۰۱۷) که یافته‌های به‌دست آمده از تحقیق حاضر مبنی بر افزایش سختی

بافت سوهان پولکی تحت تأثیر جایگزینی ایزومالت در فرمولاسیون سوهان‌های پولکی تأیید بر این موضوع بود.



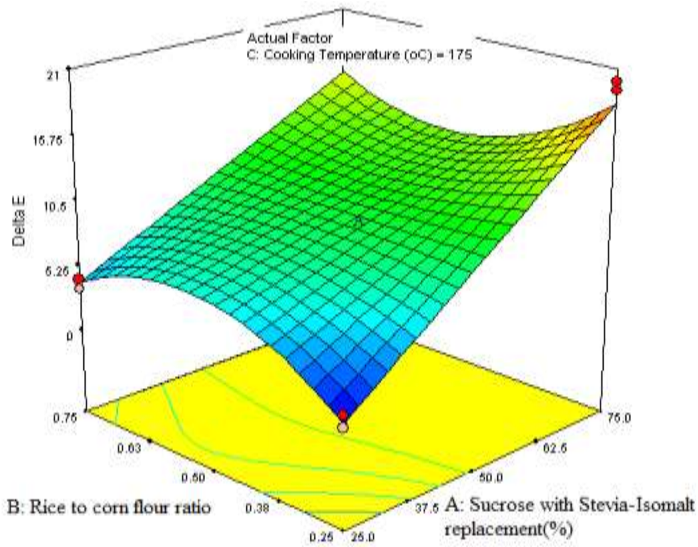
شکل ۱- اثر متقابل جایگزینی شکر با استویا-ایزومالت، نسبت آرد برنج به ذرت و دمای پخت بر سفتی و سختی سوهان پولکی رژیمی

Fig. 1. Interaction of sucrose substitution with Stevioside-Isomalt, rice to corn flour ratio and cooking temperature on the hardness of the dietary Sohan-Polaki

در تحقیقی که Emamjome و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی اثر جایگزینی ساکارز و گلوکز با شیرین‌کننده های سوربیتول و ایزومالت بر خواص فیزیکی گز پرداختند نتایج ارزیابی بافت نشان داد افزایش سطح سوربیتول سبب افزایش نرمی بافت می‌شود در حالی که افزایش ایزومالت منجر به سفتی بافت محصول گردید. بخشی دیگر از یافته‌های حاصل از تحقیق حاضر حاکی از تأثیر مثبت نسبت آرد برنج به آرد ذرت روی افزایش سختی نمونه‌های مورد مطالعه بود. در همین راستا تحقیقی توسط Anton و Luciano (۲۰۰۷) انجام شد، این محققان تأثیر افزایش آرد ذرت بر سختی نمونه‌های اسنک پرداختند و گزارش کردند آرد ذرت سبب سفت شدن بیش‌تر بافت و خروج محصول از حالت تردی شد که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر مبنی بر افزایش سختی نمونه‌های سوهان پولکی تحت تأثیر افزایش نسبت آرد ذرت، همسؤ بود. به‌طور کلی به نظر می‌رسد که ظرفیت بالای نگهداری آب و قابلیت تشکیل ژل توسط پروتئین‌های برنج سبب افزایش ویسکوزیته و در نتیجه سفت‌تر شدن بافت فراورده‌ها می‌شود.

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر تغییرات رنگ سوهان پولکی رژیمی

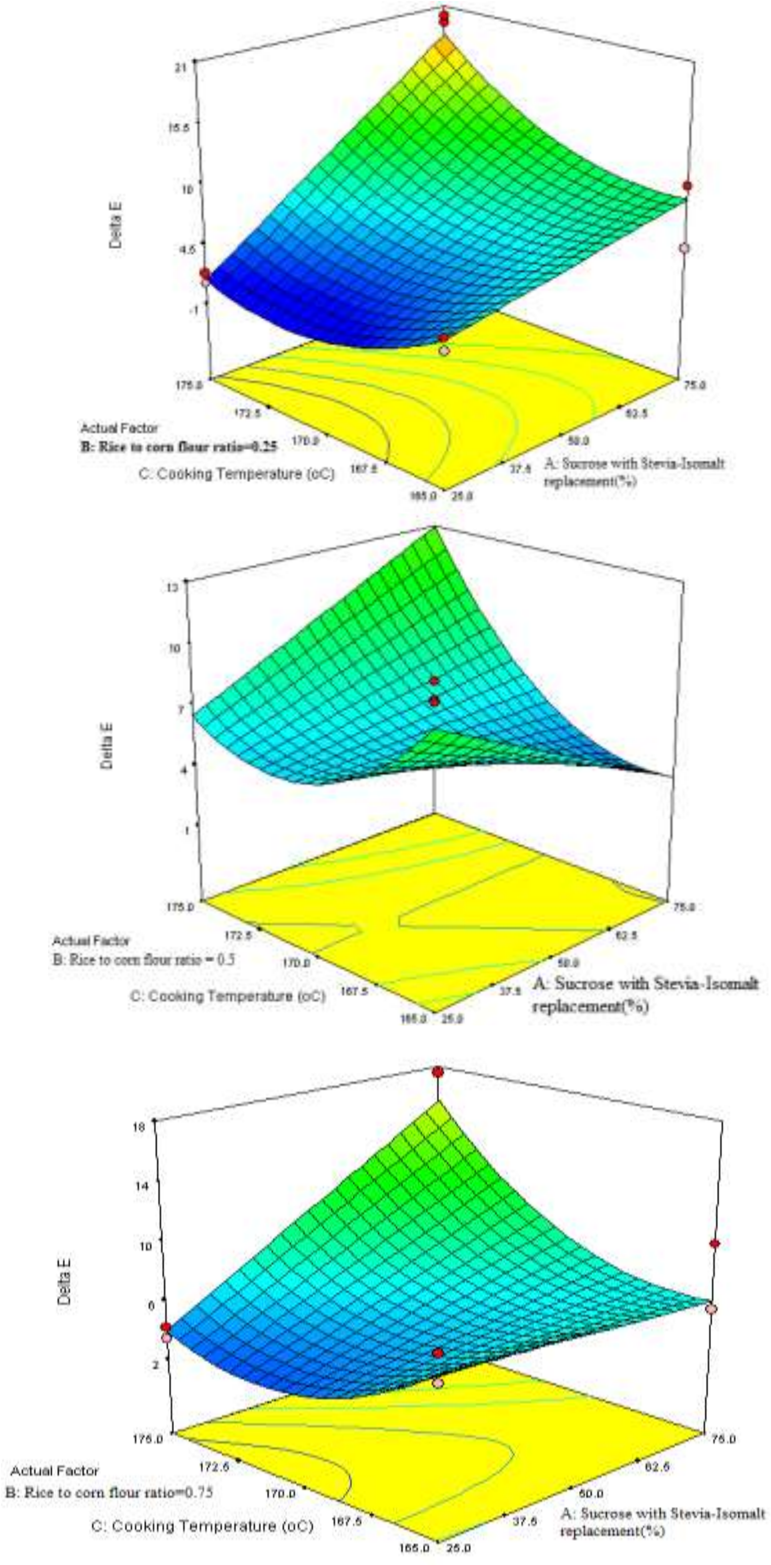
آنالیز واریانس اثرات متغیرهای فرایند در مورد مدل رگرسیونی و دانسیته نشان داد که اثرات خطی دمای پخت، اثر متقابل جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت و نسبت آرد برنج به ذرت در سطح احتمال ۹۵ درصد، اثر متقابل جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت و دمای پخت در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد و درجه دوم دمای پخت در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شد. بررسی مقادیر ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده و عدم برازش مدل نشان‌دهنده این است که این مقادیر برای رابطه درجه سه به میزان به‌ترتیب شامل ۰/۷۸، ۰/۷۴ و ۰/۲۲ بود که نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقادیر بالاتری بود و بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا بود و برای پیشگویی پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۲- اثر متقابل جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت و نسبت آرد برنج به ذرت در دمای پخت ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد بر تغییرات رنگ سوهان پولکی رژیمی (ΔE)

Fig. 2. Interaction of sucrose substitution with Stevioside-Isomalt and rice to corn flour ratio at cooking temperature 175 °C on color change (ΔE) of the dietary Sohan-Polaki

متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات رنگ طبق جدول ۳، اثر خطی و درجه دوم دمای پخت، اثر متقابل درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت و نسبت آرد برنج به ذرت، اثر متقابل درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت و دمای پخت و اثر درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت با درجه دوم نسبت آرد برنج به ذرت گزارش شد. با افزایش دمای پخت به ویژه در مقادیر بالاتر تغییرات رنگ افزایش می‌یابد. نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، در سطوح بالاتر و پایین‌تر نسبت آرد برنج به ذرت تغییرات رنگ با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت به‌ترتیب، کاهش و افزایش یافت. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت ابتدا کاهش و سپس با شیب ملایمی افزایش یافت.



شکل ۳- اثر متقابل جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت و دمای پخت در نسبتهای مختلف آرد برنج به ذرت بر تغییرات رنگ (ΔE) سوهان پولکی رژیمی

Fig. 3. Interaction of sucrose substitution with Stevioside-Isomalt and cooking temperature at different rice to corn flour ratio on color change (ΔE) of the dietary Sohan-Polaki

در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. در دماهای ۱۷۰ و ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، در هر سطح از نسبت آرد برنج به ذرت تغییرات رنگ با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت افزایش نشان داد. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت ابتدا کاهش و سپس با شیب نسبتا ملایمی افزایش پیدا کرد. در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، با افزایش نسبت آرد برنج به ذرت تغییرات رنگ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت

بر طبق نتایج شکل ۳، در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۷۵ درصد نسبت آرد برنج به ذرت، در هر سطح از دمای پخت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت تغییرات رنگ افزایش یافت. در سطوح بالاتر نسبت آرد برنج به ذرت تغییرات رنگ با افزایش دمای پخت افزایش یافت. درسطوح پایین‌تر نسبت آرد برنج به ذرت با افزایش دمای پخت تغییرات رنگ ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا کرد. در سطح ۰/۵ درصد نسبت آرد برنج به ذرت، در سطوح بالاتر و پایین‌تر دمای پخت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت تغییرات رنگ به‌ترتیب، افزایش و کاهش یافت. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش دمای پخت افزایش نشان داد. در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش دمای پخت ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر در رابطه با ویژگی‌های رنگ سوهان‌های پولکی بیانگر این بود که با کاهش نسبت آرد برنج به آرد ذرت و درصد جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت در سطوح متفاوت دمای پخت روندی کاهشی بر پارامتر اختلاف رنگ کلی مشاهده گردید. با افزایش دمای پخت، جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت و نسبت آرد برنج به آرد ذرت تغییرات کلی رنگ افزایش یافت. تغییر رنگ می‌تواند ناشی واکنش های قهوه‌ای شدن از نوع کاراملیزاسیون و غیرآنزیمی در اثر افزایش دما باشد. با افزایش دما اکسیداسیون چربی‌ها با شدت بیشتری صورت می‌گیرد که تأثیر قابل توجهی بر روی رنگ سوهان‌های مورد مطالعه دارد (Ghandehari Yazdi *et al.*, 2018). از آنجایی که شیرین‌کننده‌های بدون ساکارز نقش مهمی در تغییرات روشنایی دارند، با کاراملیزه شدن و واکنش مایلارد (قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی) بین قندهای احیاءکننده و آمینواسیدها نیز مرتبط است. ساکارز (قند غیراحیاءکننده) در دماهای بالا به گلوکز و فروکتوز (قندهای احیاءکننده) تبدیل شده است. بنابراین، اگر مقدار ساکارز کاهش یابد، به‌دلیل تشکیل کم‌تر محصولات حاصل از واکنش مایلارد، تشدید رنگ ضعیف‌تر شده است (González-Mateo *et al.*, 2009).

جدول ٤- مقادیر مورد استفاده برای بهینه‌سازی و ویژگی یا هدف آن

Table 4- Values used for optimization and its feature or purpose

Independent variables and responses متغیر مستقل و پاسخ‌ها	Target هدف	Low level حد پایین	High level حد بالا
A(%):Sucrose replacement with Stevioside-Isomalt **جایگزینی استویا- ایزومالت با شکر (%)**	is in range	0	100
B: Rice to corn flour ratio **نسبت آرد برنج به ذرت**	is in range	0	1
C(Degrees Celsius): Cooking temperature **دمای پخت**	is in range	160	180
Density (g/cm³) **دانسیته**	minimize	0.83	2.09
Hardness(N) **سختی**	is in range of the control	1.8	2.1
Color change (ΔE) **تغییرات رنگ(ΔE)**	minimize	0.91	20.04

بهینه‌یابی فرمولاسیون سوهان پولکی رژیمی

شرایط بهینه برای تولید سوهان پولکی رژیمی با کمک جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت و جایگزینی کامل آرد برنج و ذرت با آرد گندم با استفاده از تکنیک بهینه‌یابی عددی انجام شد. دامنه مقادیر به‌دست آمده برای فرایند بهینه‌سازی و هدف آن مشخص شده است (جدول ۴)، و در نهایت نتایج به‌دست آمده برای نمونه‌های بهینه پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار مطابق با جدول ۵ آورده شده است. بهینه‌یابی فرمول سوهان پولکی رژیمی، با استفاده از بررسی اثر متغیرهای مستقل شامل سطوح جایگزینی شکر با استویا– ایزومالت، نسبت آرد برنج به ذرت و دمای پخت بر برخی از شاخص‌های کیفی سوهان پولکی رژیمی، با استفاده از بهینه‌یابی عددی روش سطح پاسخ انجام پذیرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که روش سطح

پاسخ کارایی خوبی در بهینه‌یابی ویژگی‌های کیفی سوهان پولکی رژیمی داشته باشد. ضریب تبیین برای پارامترهای اندازه گیری شده بالاتر از ۷۵ درصد بود و فاکتور عدم برازش نیز برای پارامترها معنی‌دار نبود. در نتیجه بالا بودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخها تاییدکننده صحت مدل برای برازش اطلاعات بود.

جدول ۵- نتایج به‌دست آمده از فرایند بهینه‌یابی و میزان پاسخ‌های نمونه‌های بهینه و شاهد در اولین روز تولید

Table 5- Results obtained from the optimization process and the rate of responses of optimal and control samples on the first day of production

Sample Optimal formula	Sucrose replacement with Stevioside-Isomalt جایگزینی استویا- ایزومالت با شکر (٪)	Rice to corn flour ratio نسبت آرد برنج به ذرت	Cooking temperature (Degrees Celsius) دمای پخت (°C)	Density (g/cm^3)	Hardness(N) سختی	Color change (ΔE) تغییرات رنگ
1	24	0.99	166	1.37	1.85	3.66
2	24	0.02	180	1.23	2.07	10.16
Control	0	Wheat flour (100%)	160	1.31	2.08	0

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نوع آرد مصرفی غالب در فرمولاسیون دو فرمول بهینه نهایی شامل سوهان کم کالری با فرمول شماره یک شامل: ۲۴ درصد جایگزینی شکر با استویا- ایزومالت، ۰/۹۹ نسبت آرد برنج به ذرت و دمای ۱۶۶ درجه سانتی‌گراد (با میزان دانسیته ۱/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، سختی ۱/۸۵ نیوتن و تغییرات رنگ نسبت به شاهد ۳/۶۶) و فرمول شماره دو شامل: ۲۴ درصد جایگزینی شکر با استویا–ایزومالت، ۰/۰۲ نسبت آرد برنج به ذرت و دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد (با میزان دانسیته ۱/۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب، سختی ۲/۰۷ نیوتن و تغییرات رنگ نسبت به شاهد ۱۰/۱۶) به‌عنوان بهترین تیمارها معرفی گردید.

تشکر و قدردانی

از شرکت دانش بنیان سلامت گستران آرایان به دلیل همکاری‌های علمی و پژوهشی در راستای محقق شدن این تحقیق کمال تشکر را دارد.

منابع

1. Agarwal. V, Kochhar. A, Sachdeva. R., (2009). Sensory and nutritional evaluation of sweet cereal products prepared using stevia powder for diabetics. *Studies on Ethno-Medicine*, 3: 8-93. https://doi.org/10.1080/09735070.2009.11886344
2. Akhondi. A., Goli. M., (2020). Study on the effect of replacing Cardamom with Cinnamon and plant butter with animal butter and cooking temperature on physicochemical properties of Sohan-Polaki. *Journal of Food Science and Technology*, 17(102): 127-142. (In Persian)
3. Anton. A. A, Luciano. F. B., (2007). Instrumental textural evaluation of extruded snack foods: A review. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 54: 245-251. https://doi.org/10.1080/11358120709487697
4. Aslanzadeh. M., Mizani. M., Gerami. A., Alimi. M., (2014). Evaluation of dietary fiber performance of wheat bran as a fat substitute in mayonnaise. *Food Technology and Nutrition*, 11(1): 21-31. (In Persian)
5. Bagherpoor. V., Khosroshahi Asl. A., (2016). Investigation of the possibility of substituting sugar with Stevia in the production of fruite cake containing banana puree and evaluation of sensory and visual properties of the final product. *Second Iranian Scientific Conference on Food Science and Technology*, Tehran. (In Persian)
6. Bialek. M., Rutkowska. J., Adamska. A., Bajdalow. E., (2015). Partial replacement of wheat flour with pumpkin seed flour in muffins offered to children. *Journal of Food*, 391-398. https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1114529
7. Brown. I., (1996). Complex Carbohydrates and Resistant Starch. *Nutrition Reviews*, 54:115-119.
8. Cheng. YF., Bhat. R., (2016). Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa Jack*.) legume flour. *Food Bioscience*, 14: 54-61. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.03.002

9. Emamjome. Z., Ghaheri. R., Asadi. GH., (2010). The effect of replacement of sucrose and glucose with two types of dietary sweeteners on the texture and microstructure properties of Gaz. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(2): 130-135. (In Persian)
10. Ferguson. L. R., Tasman-Jones. C., Englyst. H., Harris. PJ., (2000). Comparative Effects of Three Resistant Starch Preparations on Transit time and short-Chain Fatty Acid Production in Rate. *Nutrition and Cancer*, 36(2): 230-237. https://doi.org/10.1207/S15327914NC3602_13
11. Forouhi. N. G., Wareham. N. J., (2010). Epidemiology of diabetes. *Medicine*, 38:602-6. https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2010.08.007
12. Ghandehari Yazdi. A. P., Hojjatoleslamy. M., Keramat. J., Jahadi. M., (2018). Investigation on the effect of sucrose replacement with sucralosemaltodextrin on physicochemical characteristics of traditional Nanberenji pastry. *Journal of Food Science and Technology*, 15(82): 189-200. (In Persian)
13. Gonzalez-Mateo. S., Gonzalez-SanJose. M. L., Muniz. P., (2009). Presence of Maillard products in Spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential. *Food Chemical Toxicology*, 47: 2798-2805. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.08.015
14. Hopper. A. D., Cross. S. S., Hurlstone. D. P., McAlindon. M. E., Lobo. A. J., Hadjivassiliou. M., (2007). Pre-endoscopy serological testing for coeliac disease: evaluation of a clinical decision tool. *British Medical Journal*, 334:729-732. https://doi.org/10.1136/bmj.39133.668681.BE
15. Khazaiy pool. E., Shahidi. F., Mortazavi. S. A., Mohebbi. M., (2015). The effect of different levels of Spirulina Platensis microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. *Journal of Food Science and Technology*, 12(48): 47-59. (In Persian)
16. Lazou. A., Krokida. M., (2010). Structural and textural characterization of corn–lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 100(3):392-408. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.024
17. Li. S., Zhang. Y., Wei. Y., Zhang. W., Zhang. B., (2014). Thermal, pasting and gel textural properties of commercial starches from different botanical sources. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 4:161.
18. Lopez. H. W., Levrat-Verny. M. A., Coudray. C., Besson. C., Krespine. V., Messager. A., Demigne. C., Remesy. C., (2001). Class 2 Resistant Starches Lower Plasma and Liver Lipids and Improve Mineral Retention in Rats. *Journal of Nutrition*, 131:1283-1289. https://doi.org/10.1093/jn/131.4.1283
19. Mashak. Z., Sodagari. H., Moradi. B., (2014). Microbiological and chemical quality of sohan: An iraniantraditional confectionary product. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, *1*(2), 56-60.
20. Naghipour F, Karimi M, Habibi Najafi MB, Hadad Khodaparast MH, Sheikholeslami Z, Ghiafeh Davoodi M, Sahraiyan B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology*, 10(41): 127-139. (In Persian)
21. Onwulata. C. I, Smith. P. W, Konstance. R. P., Holsinger, V. H., (2001). Incorporation of whey products in extruded corn, potato or rice snacks. *Food Research International*, 34(8):679-687. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00088-6
22. Sadafi. M, Khorshidpour. B, Hashemiravan. M., (2017). Investigation of Sucrose Substitution Effect with Stevie and Isomalt in Order to produce fruit candy. *Journal of Food Science and Technology*, 14(65): 209-225. (In Persian)
23. Schiweck. H., Munir. M., (1992). Isomalt, a versatile alternative sweetener-production, properties and uses. *Carbohydrates in Industrial Synthesis*, Berlin, 5-55.
24. Shamsaei. P., Nouri. L., (2017). Investigation of the effect of replacing high fructose corn syrup with sucrose on the properties of Sohan. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 10(3): 109-118. (In Persian)
25. Sumargo. F., Gulati. P., Weier. S. A., Clarke. J., Rose. D. J., (2016). Effects of processing moisture on the physical properties and *in vitro* digestibility of starch and protein in extruded brown rice and pinto bean composite flours. *Food Chemistry*, 211:726-733. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.097
26. Sun. Q., Xing. Y., Qiu. C., Xiong. L., (2014). The pasting and gel textural properties of cornstarch in glucose, fructose and maltose syrup. *PLOS ONE*, 9(4): 95862. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095862
27. Wang. L., Xu. J., Fan. X., Wang. Q., Wang. P., Zhang. Y., Cui. L., Yuan. J, Yu. Y., (2016). Effect of disaccharides of different composition and linkage on corn and waxy cornstarch retrogradation. *Food Hydrocolloids*, 61:531-536. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.010